

# 西部陆海新通道班列物流枢纽选址优化研究

蒋玉洁

上海理工大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年7月19日; 录用日期: 2024年9月16日; 发布日期: 2024年9月24日

## 摘要

为了提高西部陆海新通道班列的运行效率, 针对西部陆海新通道班列的开行网络进行了班列物流枢纽的选址优化研究。采用复杂网络节点重要性指标建立评价指标体系, 基于改进熵权的TOPSIS模型对节点城市进行评价排名, 选取了班列候选物流枢纽。综合考虑多种运输方式及运输成本、货物交付时间成本等影响因素, 以总成本最小为目标构建出了班列物流枢纽选址优化混合整数规划模型并使用Lingo进行求解, 最终选取成都、昆明、长沙、南宁、贵阳作为物流枢纽。

## 关键词

西部陆海新通道班列, 物流枢纽, 复杂网络, 改进熵权TOPSIS模型, 混合整数规划

# Optimization Study on Site Selection of Logistics Hubs for the Western Land-Sea New Corridor Railways

Yujie Jiang

Business School, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai

Received: Jul. 19<sup>th</sup>, 2024; accepted: Sep. 16<sup>th</sup>, 2024; published: Sep. 24<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

To enhance the operational efficiency of the Western Land-Sea New Corridor Railways, this paper conducts an optimization study on the selection of logistics hubs for the railways' network. By establishing an evaluation index system based on the importance index of complex network nodes, the paper evaluates and ranks the node cities using the TOPSIS model based on improved entropy weights, and selects candidate logistics hubs for the railways. Considering multiple transportation modes and factors such as transportation costs and delivery time costs, a mixed-integer programming

model for the optimization of site selection for the railways logistics hubs is constructed with the objective of minimizing total costs. The model is solved using Lingo, and Chengdu, Kunming, Changsha, Nanning, and Guiyang are ultimately selected as logistics hubs.

## Keywords

Western Land-Sea New Corridor Railways, Logistics Hub, Complex Network, Improved Entropy Weight TOPSIS Model, Mixed-Integer Programming

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2017年4月,首趟“渝桂新”南向通道试运行班列开行。2018年11月,中新两国正式签署《关于中新(重庆)战略性互联互通示范项目“国际陆海贸易新通道”建设合作的谅解备忘录》,正式提出建设西部陆海新通道。2019年8月和2021年8月,国家发展改革委先后印发《西部陆海新通道总体规划》和《“十四五”推进西部陆海新通道高质量建设实施方案》,推进其进一步发展[1]。自此西部陆海新通道从线到网,北接丝绸之路经济带,南连21世纪海上丝绸之路,协同衔接长江经济带,成为高质量共建“一带一路”的重要组成部分。

然而,随着西部陆海新通道建设迅速,其影响日益彰显,但要把新通道作用充分发挥出来,形成中国西部向海经济带,实现中国西部高水平发展,仍有不少有待解决的困难和问题[2]。首先,伴随“通道+枢纽+网络”物流体系稳步推进,布局物流枢纽位置,规划最优运输路径,对加强枢纽互联互通、优化通道运营组织具有重要意义[3],但是目前其物流枢纽功能布局有待完善,存在陆路枢纽与港口间衔接不够顺畅、集疏运体系不配套、干支衔接能力和转运分拨效率较低等问题[4]。其次,西部陆海新通道运输体系尚不够完善,主通道的建设及扩能亟待加速,多式联运体系也尚未有效形成,导致其运行效率低下、运营成本偏高。因此,考虑在西部陆海新通道班列开行城市设立物流枢纽,优化开行路线,提高西部陆海新通道班列在与东南亚等地区进出口货物运输中的竞争力是一个重要的研究方向。

近年来,不少学者也对西部陆海新通道班列做了大量研究。刘畅阐述了西部新通道班列及中欧班列的发展现状,分析了西部新通道班列和中欧班列差异性和互补性,针对两种班列协作存在的问题,提出了加强班列运营组织间合作力度、提升衔接班列产品综合竞争力、促进班列与产业深度融合等发展对策[5]。Zhu等对中新国际陆海贸易走廊和中国-新加坡/东盟地区新形成的联运集装箱运输网络进行了供需定量分析,并探讨了中新国际陆海贸易走廊的优缺点[6]。吕靖等在既定的区域货运市场内,考虑不同货物时间价值差异及政府补贴的重要作用,构建改进Hotelling模型分析了新运输通道与既有运输通道之间的博弈关系,并讨论了新运输通道运营商的最优定价策略和地方政府的最佳补贴策略[7]。Gao等以尽量减少总运输成本、运输时间和碳排放为目标,构建了多目标整数规划模型,并以西部陆海新通道及重庆-汉堡和成都-汉堡路线为例进行验证,实例结果表明,西部陆海新通道对时间敏感的货物具有吸引力,如果支持削减铁路货运等相关政策,其经济效益可以得到提高[8]。

通过梳理相关文献可知,目前大多聚焦于西部陆海新通道班列的运输模式与供需分析方面,很少有专门针对其枢纽选址与路径优化的探索研究,也很少有研究关注多式联运对西部陆海新通道班列降低运营成本的影响。本文将通过复杂网络理论中的节点重要性排序指标,基于改进熵权的TOPSIS模型对西

部陆海新通道班列的开行节点进行评价排名，从而选取候选物流枢纽，综合考虑多式联运、等待惩罚、口岸通关等成本构建西部陆海新通道班列物流枢纽选址优化模型，并进行算例分析选择最终的物流枢纽。

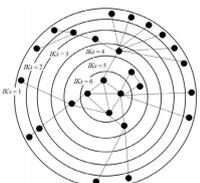
## 2. 西部陆海新通道班列候选物流枢纽节点重要性评价

### 2.1. 候选物流枢纽节点重要性评价指标

通过查询西部陆海新通道门户网、各地新闻信息以及政府公告，找到已开行西部陆海新通道的城市62个，并梳理了其188组连通关系。本文采用复杂网络理论中的多个关键指标：度中心性、接近中心性、介数中心性以及改进的k-壳分解，对西部陆海新通道班列物流网络中的城市节点进行了重要性评估。候选物流枢纽节点评价指标体系如表1所示。

Table 1. Evaluation indicator system for candidate logistics hub nodes

表 1. 候选物流枢纽节点评价指标体系

节点重要性排序指标	公式表达式/解析图	具体含义
度中心性	$DC_i = \frac{d_i}{N-1}$	节点 $i$ 的度中心性( $DC_i$ )定义为节点 $i$ 的度( $d_i$ , 表示 $i$ 直接连接的节点数)与整个网络内的最大连接数的比率。 $DC_i$ 反映了给定节点与其他城市之间的连接数, 因此 $DC_i$ 越高意味着与其他节点的连接越多, 说明该节点比 $DC_i$ 值较低的节点更重要。
接近中心性	$CC_i = \frac{(N-1)}{\sum_{j=1}^N l_{ij}}$	接近中心性( $CC_i$ )定义为从节点 $i$ 到其他节点之间最短路径的平均距离的倒数。 $CC_i$ 的值越大, 节点就越接近整个网络的中心, 各城市集货到城市节点 $i$ 的可能性越高, 这使得城市 $i$ 更适合作为整合中心。 $l_{ij}$ 为从节点 $i$ 到节点 $j$ 的最短距离。
介数中心性	$BC_i = \sum_{i \neq j \neq r \in V} \frac{k_{jr}(i)}{k_{jr}}$	介数中心性( $BC_i$ )表示城市之间连通时通过城市节点 $i$ 的频率。因此, $BC_i$ 值越高, 表示货物通过节点的可能性越大, 从而说明节点更适合合并货物, 增加节点对网络的潜在影响。如果 $k_{jr}$ 为从城市 $i$ 到城市 $r$ 的最短路径总数, 其中 $k_{jr}(i)$ 为通过节点 $i$ 的最短路径数。
改进 k-壳分解		首先, 将 $IK_s = 1$ 分配给度值为 1 的节点; 然后删除这些节点以及它们的边(即它们与其他节点的连接), 我们继续将 $IK_s^2 = IK_s^1 + 1 = 2$ 分配给度值为 1 的其余节点。在这个过程中结束时, 图中的示例网络被分为六层, 准确地反映了节点的中心性。 $IK_s$ 值最高的城市对网络最为重要。

### 2.2. 基于改进熵权 TOPSIS 模型的节点重要性评估

为了初步确定一个城市作为物流枢纽的能力, 本文在选择候选枢纽节点之前, 使用TOPSIS模型综合评估了西部陆海新通道班列开行城市运营班列的适宜性。基于改进熵权TOPSIS模型的具体步骤如下:

第一步, 构建初始矩阵  $A = (x_{ij})_{m \times n}$  表示西部陆海新通道班列开行城市节点  $i$  对于指标  $j$  的值, 其中,  $m$  表示62个货运起点,  $n$  表示4个指标:

$$A = \begin{bmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \dots & x_{ij} & \dots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{bmatrix} = (x_{ij})_{m \times n} \quad (1)$$

第二步,对矩阵进行标准化,在此之前需先将消极性指标进行正向化处理,再进行向量归一化处理。若用  $t_{ij}$  表示标准化处理的矩阵中第  $i$  行第  $j$  个元素,则:

$$t_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}}, j = 1, 2, 3, 4 \quad (2)$$

第三步,计算各指标的熵值:

$$e_j = -\frac{1}{\ln m} \sum_{i=1}^m (t_{ij} \times \ln t_{ij}) \quad (3)$$

第四步,确定各指标的权重:

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^n (1 - e_j)} \quad (4)$$

第五步,确定节点重要性正负理想解:

参考样本的最大值  $S^+$  构成正理想值:

$$S^+ = (S_1^+, \dots, S_n^+), S_j^+ = \max_{1 \leq i \leq m} \{S_{ij}\} \quad (5)$$

参考样本的最小值  $S^-$  构成负理想值:

$$S^- = (S_1^-, \dots, S_n^-), S_j^- = \min_{1 \leq i \leq m} \{S_{ij}\} \quad (6)$$

第六步,距离计算:

利用相对熵的距离模型——Kullback-Leibler距离来度量班列开行城市节点到正负理想值  $S^+$  和  $S^-$  的距离:

$$D_i^+ = \left\{ \sum_{j=1}^4 \left[ S_j^+ \log \frac{S_j^+}{S_{ij}^+} + (1 - S_j^+) \log \frac{1 - S_j^+}{1 - S_{ij}^+} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (7)$$

$$D_i^- = \left\{ \sum_{j=1}^4 \left[ S_j^- \log \frac{S_j^-}{S_{ij}^-} + (1 - S_j^-) \log \frac{1 - S_j^-}{1 - S_{ij}^-} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

第七步,计算接近度:

利用上述距离值计算班列开行城市节点与正负理想值  $S^+$  和  $S^-$  的接近程度。以  $C_i^*$  表示某班列开行城市节点的重要性程度:

$$C_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, i = 1, 2, \dots, m \quad (9)$$

基于改进熵权的TOPSIS模型计算得出的班列开行城市节点重要性综合排名如表2所示。

根据西部陆海新通道班列开行城市节点的综合得分与排名情况,考虑到物流枢纽节点均衡布局、物流枢纽建设成本以及物流枢纽货源吸引辐射范围等因素,本文选择开行西部陆海新通道班列的前十名,即南昌、成都、西安、昆明、郑州、长沙、南宁、贵阳、重庆以及武汉作为西部陆海新通道班列的候选物流枢纽节点。

**Table 2.** Indicator status and comprehensive score of the railways operating city nodes  
**表 2.** 西部陆海新通道班列开行城市节点指标情况及综合得分

城市节点	度中心性	接近中心性	介数中心性	改进 K-壳分解	综合得分	排名
石家庄	0.2903	0.5636	0.0168	9	0.7152	16
兰州	0.2419	0.5345	0.0249	9	0.7309	13
武威	0.0968	0.4276	0.0005	6	0.4622	32
张掖	0.2903	0.5688	0.0295	9	0.7469	11
郑州	0.3548	0.6078	0.0905	9	0.9444	5
漯河	0.1290	0.4593	0.0004	8	0.6216	22
新乡	0.2419	0.5299	0.0076	9	0.6906	19
武汉	0.3226	0.5849	0.0322	9	0.7557	10
长沙	0.3065	0.5688	0.0572	9	0.8261	6
怀化	0.1452	0.4921	0.0098	6	0.4845	29
衡阳	0.0645	0.4026	0.0007	4	0.2463	50
岳阳	0.1613	0.4921	0.0085	9	0.6866	21
南昌	0.3710	0.6019	0.1045	9	0.9936	1
昆明	0.2903	0.5688	0.1036	9	0.9602	4
楚雄	0.0645	0.4052	0.0036	3	0.1321	54
丽江	0.0323	0.3758	0.0005	2	0.0185	62
蒙自	0.0484	0.3949	0.0018	3	0.1287	56
临沧	0.0806	0.4133	0.0057	4	0.2515	48
曲靖	0.0968	0.4493	0.0087	4	0.2607	44
玉溪	0.0806	0.4189	0.0072	3	0.1389	51
大理	0.0484	0.3780	0.0021	3	0.1260	60
保山	0.1129	0.5000	0.0082	5	0.3803	35
广元	0.0806	0.4247	0.0022	5	0.3617	40
绵阳	0.2742	0.5299	0.0126	9	0.7023	18
成都	0.3871	0.6019	0.1033	9	0.9934	2
宜宾	0.0968	0.4366	0.0123	4	0.2619	42
自贡	0.0484	0.3949	0.0001	3	0.1281	57
泸州	0.0645	0.3758	0.0028	3	0.1263	59
凉山州	0.0645	0.4161	0.0038	3	0.1350	53
攀枝花	0.1129	0.4806	0.0160	5	0.3860	33

续表

遂宁	0.1290	0.4662	0.0157	5	0.3835	34
内江	0.0968	0.4662	0.0088	4	0.2644	41
眉山	0.0484	0.4218	0.0026	3	0.1357	52
德阳	0.0806	0.4526	0.0022	5	0.3657	39
广安	0.1613	0.4733	0.0219	6	0.5005	27
西安	0.3710	0.5962	0.1006	9	0.9815	3
榆林	0.2419	0.4733	0.0099	9	0.6889	20
安康	0.3226	0.5487	0.0269	9	0.7391	12
贵阳	0.2581	0.5536	0.0472	9	0.7930	8
遵义	0.1129	0.4769	0.0074	5	0.3753	38
黔西南	0.0968	0.4559	0.0079	4	0.2614	43
黔南	0.0645	0.4189	0.0025	4	0.2497	49
黔东南	0.1129	0.4247	0.0088	4	0.2566	45
安顺	0.1290	0.4769	0.0091	5	0.3775	37
铜仁	0.1613	0.4662	0.0081	7	0.5688	23
呼和浩特	0.2419	0.5299	0.0171	9	0.7120	17
乌鲁木齐	0.3065	0.5487	0.0230	9	0.7292	14
中卫	0.1290	0.4247	0.0012	7	0.5506	25
石嘴山	0.1290	0.4627	0.0163	6	0.4895	28
南宁	0.3387	0.5905	0.0505	9	0.8081	7
柳州	0.1290	0.4593	0.0132	5	0.3794	36
桂林	0.0806	0.4336	0.0044	4	0.2538	47
贺州	0.0484	0.4000	0.0029	3	0.1303	55
玉林	0.0645	0.3827	0.0032	3	0.1275	58
河池	0.0645	0.4460	0.0032	4	0.2551	46
百色	0.1129	0.4697	0.0058	6	0.4749	30
崇左	0.1129	0.4627	0.0037	6	0.4712	31
来宾	0.0645	0.3523	0.0026	3	0.1246	61
贵港	0.2903	0.5487	0.0181	9	0.7170	15
重庆	0.3387	0.5794	0.0387	9	0.7732	9
拉萨	0.1613	0.4593	0.0062	7	0.5644	24
海西	0.1129	0.4218	0.0007	7	0.5491	26

### 3. 西部陆海新通道班列物流枢纽选址优化模型构建

在本文研究中, 货物从开通西部陆海新通道班列的货运起点通过公路或者铁路运至物流枢纽, 在物流枢纽进行集拼、中转等操作后经过班列出境口岸最终运至东南亚货运终点。随着西部陆海新通道班列物流枢纽的建成, 从微观角度来看, 一旦某个具体的运营商产生货运需求时, 这批货物的始发城市和终到城市就已经固定[9]。对于运营商而言, 关键在于综合考量货物的时间价值及其他相关因素, 以甄选最佳的物流枢纽城市、最适宜的运输方式和最高效的运输路线。这一决策过程的目标是实现运输成本的最优化, 确保整个物流过程的经济效率和服务质量。

#### 3.1. 符号说明

本文中西部陆海新通道班列物流枢纽选址优化模型涉及到的参数和变量如表 3 所示。

**Table 3.** Explanation of symbols used in the railways logistics hub location optimization model

**表 3.** 班列物流枢纽选址优化模型中使用的符号说明

符号	定义
集合	
$B$	货运起点集合, 索引为 $b$
$A$	物流枢纽集合, 索引为 $a$ , 其中, $A \subseteq O$
$C$	西部陆海新通道班列出境口岸集合, 索引为 $c$
$E$	货运终点集合, 索引为 $e$
$L$	运输方式集合, 索引为 $l$ 。其中, $l=1$ 表示铁路运输, $l=2$ 表示公路运输
参数	
$H_{be}$	货运起点 $b$ 运往货运终点 $e$ 的货运量
$H_e$	货运终点 $e$ 的货运需求量
$N_a$	在 $a$ 点建设物流枢纽的建设成本
$0_a$	物流枢纽 $a$ 的单位货物集货处理成本
$0_c$	西部陆海新通道班列出境口岸 $c$ 的单位货物处理成本
$D_{ba}^l$	在第 $l$ 种运输方式下从货运起点 $b$ 至物流枢纽 $a$ 的运输距离
$D_{ace}$	从物流枢纽 $a$ 经过西部陆海新通道班列出境口岸 $c$ 至货运终点 $e$ 的运输距离
$V_{ba}^l$	运输至物流枢纽 $a$ 前对应第 $l$ 种运输方式的速度
$V_{ace}$	物流枢纽 $a$ 到货运终点 $e$ 运输过程中的西部陆海新通道班列运输速度
$V_{bace}^E$	从货运起点 $b$ 运输至货运终点 $e$ 的西部陆海新通道班列平均速度
$S_{ba}^l$	运输至物流枢纽 $a$ 前单位货物在第 $l$ 种运输方式下的单位距离运输价格
$S_{ace}$	枢纽 $a$ 到货运终点 $e$ 单位货物在西部陆海新通道班列运输下的单位距离运输价格
$t_a$	在物流枢纽 $a$ 的处理时间

续表

$t_c$	在西部陆海新通道班列出境口岸 $c$ 的处理时间
$\tau$	运输至物流枢纽 $a$ 的等待时间惩罚参数, $\tau > 0$
$F_a$	物流枢纽 $a$ 的最大处理能力
$\gamma$	集拼后西部陆海新通道班列未满载惩罚参数, $\gamma > 0$
$\delta$	西部陆海新通道班列每列班列的核载量
$F_c$	西部陆海新通道班列出境口岸 $c$ 的通行能力限制
$V_h$	西部陆海新通道班列单位货物单位时间逾期成本
$M$	人为设置的模型所需足够大的数字
决策变量	
$w_{ba}^l$	通过第 $l$ 种运输方式, 从货运起点 $b$ 运输至物流枢纽 $a$ 的货运量
$w_{ace}$	通过西部陆海新通道班列从物流枢纽 $a$ 发往出境口岸 $c$ 最终运输至货运终点 $e$ 的货运量
$w_{bace}^l$	从货运起点 $b$ 经过物流枢纽 $a$ 发往西部陆海新通道班列出境口岸 $c$ 最终运输至货运终点 $e$ 的货运量
$G_a$	物流枢纽 $a$ 接受的货运量
$X_a$	0~1 变量, $X_a = 1$ 表示在 $a$ 点建设物流枢纽, 否则为 0
$X_{ba}^l$	0~1 变量, $X_{ba}^l = 1$ 表示货运起点 $b$ 与物流枢纽 $a$ 通过运输方式 $l$ 相连, 否则为 0

### 3.2. 模型建立

根据上述分析, 本文综合考虑多种影响因素, 建立西部陆海新通道班列物流枢纽选址优化模型如下:

$$\begin{aligned} \min Z = & \sum_{a \in A} N_a \cdot X_a + \sum_{l \in L} \sum_{b \in B} \sum_{a \in A} S_{ba}^l \cdot D_{ba}^l \cdot w_{ba}^l \cdot X_{ba}^l + \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} \sum_{e \in E} S_{ace} \cdot D_{ace} \cdot w_{ace} \\ & + \sum_{l \in L} \sum_{b \in B} \sum_{a \in A} O_a \cdot w_{ba}^l + \sum_{a \in A} \tau \cdot \max \{0, G_a - F_a\} \\ & + \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} \sum_{e \in E} O_c \cdot w_{ace} + \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} \sum_{e \in E} \gamma \cdot (\delta \cdot F_c - w_{ace}) \end{aligned} \quad (10)$$

$$+ \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} \sum_{e \in E} \sum_{l \in L} \sum_{b \in B} V_h \cdot w_{ace} \cdot \max \left\{ 0, \left( \frac{D_{ba}^l}{V_{oa}^l} + t_a + t_k + \frac{D_{ace}}{V_{ace}} \right) - \left( \frac{D_{ba}^l}{V_{bace}^E} + \frac{D_{ace}}{V_{bace}^E} \right) \right\}$$

$$s.t. \quad \sum_{l \in L} \sum_{b \in B} w_{ba}^l = G_a, \forall a \in A \quad (11)$$

$$H_{be} = H_e, \forall b \in B, \forall e \in E \quad (12)$$

$$\sum_{e \in E} w_{ace} = \sum_{l \in L} \sum_{c \in C} \sum_{e \in E} w_{bace}^l, \forall b \in B, \forall a \in A, \forall c \in C \quad (13)$$

$$\sum_{l \in L} \sum_{a \in A} \sum_{c \in C} w_{bace}^l = H_e, \forall b \in B, \forall e \in E \quad (14)$$

$$\sum_{a \in A} \sum_{e \in E} w_{ace} \leq \delta \cdot F_c, \forall c \in C \quad (15)$$

$$\sum_{a \in A} X_{ba}^l = 1, \forall l \in L, \forall b \in B \quad (16)$$

$$X_a \in \{0,1\}, \forall a \in A \quad (17)$$

$$X_{ba}^l \in \{0,1\}, \forall l \in L, \forall b \in B, \forall a \in A \quad (18)$$

目标函数Z表示运营商花费的运输总成本最小，式(10)中第一项表示班列物流枢纽建设成本，第二项表示集拼前铁路或公路运输成本，第三项表示集拼后班列运输成本，第四项表示在物流枢纽的集货处理成本，第五项表示在物流枢纽的拥堵等待成本，第六项表示在出境口岸的货物处理成本，第七项表示班列未满载惩罚成本，第八项表示货物逾期交付成本；式(11)至式(14)确保运输路径上的货物量守恒；式(15)表示西部陆海新通道班列的通关能力，确保集拼后的货物运输量不大于任一路径的班列最大容量；式(16)表示货运起点仅可通过一种运输方式将货物运至一个物流枢纽；式(17)与式(18)表示变量为0~1决策变量。

## 4. 算例分析

### 4.1. 输入数据评估

本文通过中国铁路 95306 网查询铁路运距，通过百度地图网站查询公路运距。考虑到物流枢纽的建设周期以及货物处理能力，本文认为使用预测的 2025 年需求作为西部陆海新通道班列物流枢纽选址优化模型的输入数据较为合理。目前西部陆海新通道班列主要是通过广西等口岸出境，因此本文首先通过广西等口岸的进出口货运总量预测西部陆海新通道班列的进出口量。由于样本量比较少，本文采用灰色预测模型预测到其 2025 年进出口货运总需求为 39,415,317 吨。

为将货运需求分摊到各货运起点上，本文使用《中国统计年鉴》中近五年各省份出口额占比的平均值对西部陆海新通道班列的货运需求进行分摊，对于同一省份中有多个货运起点的情况，使用各城市的出口额占比对西部陆海新通道班列货运需求进行分摊。到 2025 年，各货运起点的西部陆海新通道班列货运量估计值如表 4 所示。

**Table 4.** Predicted cargo volume at the freight origination of the western land-sea new corridor railways (t)  
**表 4.** 西部陆海新通道班列货运起点预测货运量(吨)

货运起点	货运量	货运起点	货运量	货运起点	货运量
石家庄	3,061,982	保山	16,014	黔东南	8620
兰州	119,993	广元	6661	安顺	9735
武威	8024	绵阳	113,528	铜仁	12,972
张掖	8088	成都	4,697,606	呼和浩特	496,029
郑州	4,714,812	宜宾	145,405	乌鲁木齐	1,530,688
漯河	73,549	自贡	32,110	中卫	48,050
新乡	133,329	泸州	79,971	石嘴山	125,531
武汉	3,399,884	凉山州	7714	南宁	650,461
长沙	3,108,453	攀枝花	20,760	柳州	150,264
怀化	27,578	遂宁	34,135	桂林	95,281
衡阳	409,991	内江	20,385	贺州	16,437
岳阳	417,244	眉山	42,040	玉林	34,688

续表

南昌	3,641,615	德阳	127,126	河池	15,352
昆明	804,047	广安	31,942	百色	377,804
楚雄	139,960	西安	2,565,902	崇左	1,805,814
丽江	5107	榆林	14,974	来宾	13,252
蒙自	116,339	安康	10,684	贵港	25,979
临沧	27,053	贵阳	356,651	重庆	4,917,374
曲靖	130,434	遵义	49,344	拉萨	33,102
玉溪	248,962	黔西南	3647	海西	24,536
大理	25,696	黔南	24,612		

## 4.2. 参数设定

由于新加坡是西部陆海新通道多条线路的东南亚目的地，同时也是连接中国西南地区和东南亚国家的重要交通枢纽之一，因此本文在算例分析中将新加坡作为西部陆海新通道班列的货运终点。

通过查询中国交通运输部、西部陆海新通道门户网以及相关学者调研数据可知[10]-[15]，货运起点至物流枢纽的铁路费率  $S_{ba}^1 = 0.20$  元/(t-km)，公路费率  $S_{ba}^2 = 0.45$  元/(t-km)，物流枢纽到货运终点的铁路费率  $S_{ace} = 0.20$  元/(t-km)；从货运起点到物流枢纽的铁路运输时速  $V_{ba}^1 = 40$  km/h，公路运输时速  $V_{ba}^2 = 60$  km/h，物流枢纽到货运终点的西部陆海新通道班列平均时速  $V_{ace} = 40$  km/h；物流枢纽固定建设成本  $N_a = 300,000,000$  元，物流枢纽单位货物集货处理成本  $0_a = 20$  元/t，同时得到每个物流枢纽的最大处理能力约为  $F_a = 11,000,000$  t；单位货物单位时间的逾期成本  $V_h = 1.5625$  元/(t-h)，运输至物流枢纽的等待时间惩罚参数  $\mu = 375$  元/t，班列核载量  $\delta = 2000$  t，集拼后班列未满载惩罚参数  $\gamma = 3000$  元/t；人为设置的模型所需的足够大的数字  $M = 8,000,000$ 。根据实际运营情况，求得西部陆海新通道班列平均速度  $V_{bace}^E = 20$  km/h。按照预测的西部陆海新通道班列需求量，根据 2023 年各出境口岸输送比例，本文设定西部陆海新通道的班列通行能力  $F_c = 19,708$  列。根据公开资料显示，西部陆海新通道出境口岸的平均通关处理时间  $t_c = 1$  h，西部陆海新通道出境口岸的单位货物处理成本  $0_c = 1.56$  元/t。此外， $t_a$  表示在物流枢纽处班列的处理时间，包括集拼、货物处理等操作花费的时间。按照国际标准，每列班列通常需要达到 41 组以上的集装箱，即 82 个 20 TEU 的集装箱才可以开行，在物流枢纽处理每吨货物的时间大概为 0.05 h，一个集装箱按总重 20 t 计算，因此，本文  $t_a = 82$  h [14]。模型中的所有参数取值如表 5 所示。

Table 5. Parameter values for the example

表 5. 算例中的参数取值表

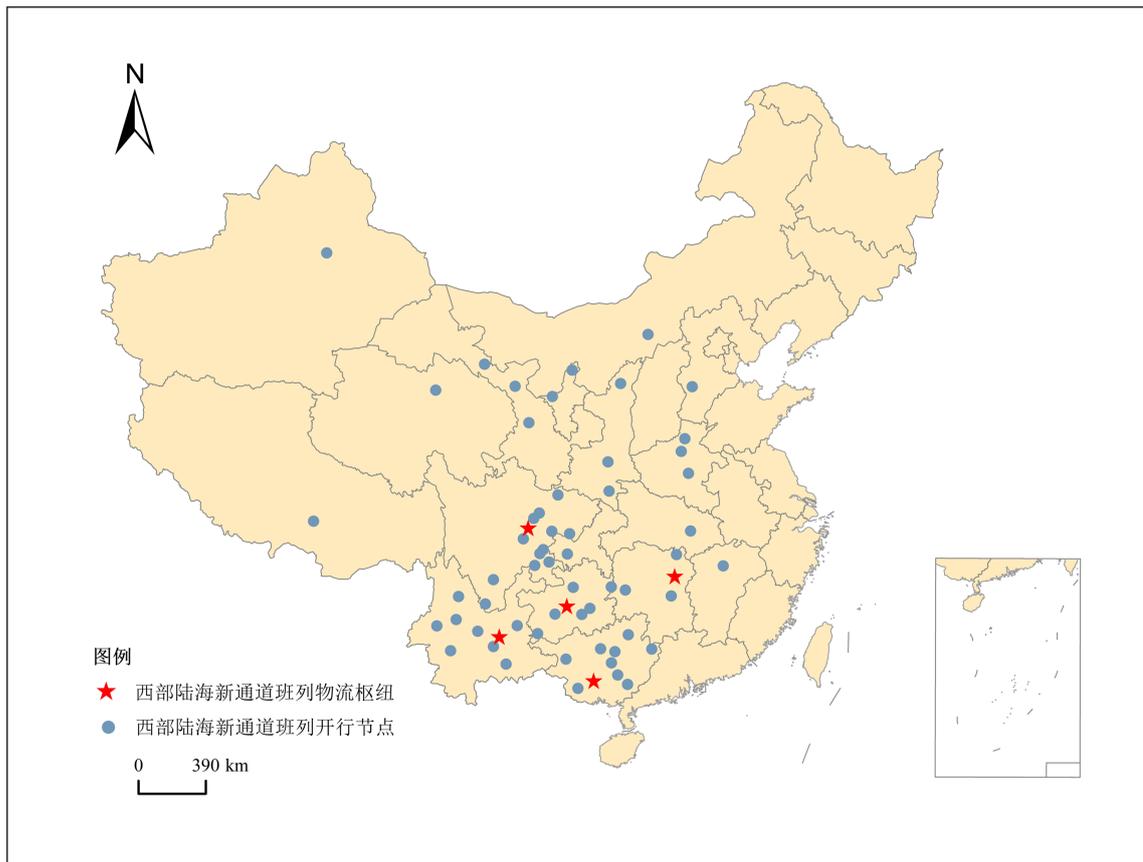
参数	取值	单位	参数	取值	单位	参数	取值	单位
$H_c$	39,415,317	t	$V_{ace}$	40	km/h	$\gamma$	3000	元/t
$S_{ba}^1$	0.20	元/(t-km)	$V_{bace}^E$	20	km/h	$t_a$	82	h
$S_{ba}^2$	0.45	元/(t-km)	$0_a$	20	元/t	$t_c$	1	h
$S_{ace}$	0.20	元/(t-km)	$0_c$	1.56	元/t	$F_a$	11,000,000	t

续表

$V_{ba}^1$	40	km/h	$V_h$	1.5625	元/(t-h)	$F_c$	19,708	列
$V_{ba}^2$	60	km/h	$\mu$	375	元/t	$M$	8,000,000	-
$N_a$	300,000,000	元	$\delta$	2000	t			

### 4.3. 结果分析

将相关数据代入线性化处理后的班列选址优化模型，使用 Lingo18.0 进行求解，最终求得成都、昆明、长沙、南宁、贵阳为西部陆海新通道班列的物流枢纽，选址结果如图 1 所示。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2023)2767 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 1. Western land-sea new corridor railways logistics hub siting results

图 1. 西部陆海新通道班列物流枢纽选址结果

首先，地理位置的战略重要性是选址的关键，成都、贵阳、南宁、长沙和昆明均位于西部陆海新通道的关键节点，这为物流枢纽提供了广泛的区域覆盖和高效的货物集散能力。其次，这些城市拥有完善的交通网络，包括发达的铁路、公路和航空系统，这为快速的货物流转提供了便利。同时，经济规模 and 市场需求也是决策的重要因素，成都和昆明作为省会城市，具有较大的经济规模 and 市场需求，这为物流枢纽的稳定运营 and 持续发展提供了坚实的基础，而贵阳、南宁等作为西南地区的重要城市，对于促进区域内的经济协同 and 货物流通具有重要作用。

## 5. 结语

本文针对西部陆海新通道班列的开行网络，梳理了班列目前的实际开行情况。在所形成的网络中，综合考虑多种运输方式及运输成本、货物交付时间成本等影响因素，构建出了班列物流枢纽选址优化模型，最终选取成都、昆明、长沙、南宁、贵阳作为物流枢纽。本文的物流选址决策有助于优化物流网络，提高物流效率与西部陆海新通道班列的竞争力，降低运输成本，为西部陆海新通道的长远发展奠定坚实基础。同时，本研究的结论对于指导西部陆海新通道班列物流枢纽选址具有重要意义，也为类似物流网络优化问题提供了理论支持和决策参考。

## 参考文献

- [1] 唐仁敏. 推进西部陆海新通道高质量建设[J]. 中国经贸导刊, 2021(27): 11-18.
- [2] 傅远佳. 中国西部陆海新通道高水平建设研究[J]. 区域经济评论, 2019(4): 70-77.
- [3] 彭聪. 双循环视角下考虑时间价值的物流业多式联运网络布局优化——以西部陆海新通道枢纽城市为例[J]. 商业经济研究, 2022(18): 98-102.
- [4] 赵欣苗. “四点”发力推进西部陆海新通道提质增效[J]. 中国经贸导刊, 2023(9): 32-33.
- [5] 刘畅. 西部陆海新通道班列与中欧班列协调发展对策研究[J]. 铁道货运, 2022, 40(6): 19-22, 29.
- [6] Zhu, S., Jia, S., Sun, Q. and Meng, Q. (2023) An Empirical Study of China-Singapore International Land-Sea Trade Corridor: Analysis from Supply and Demand Sides. *Transport Policy*, **135**, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2023.03.001>
- [7] 吕靖, 乔冠瑛, 蒋永雷. 基于改进 Hotelling 模型的新运输通道定价和补贴策略: 以西部陆海新通道为例[J]. 上海海事大学学报, 2023, 44(1): 38-45.
- [8] Gao, T., Tian, J., Huang, C., Wu, H., Xu, X. and Liu, C. (2024) The Impact of New Western Land and Sea Corridor Development on Port Deep Hinterland Transport Service and Route Selection. *Ocean & Coastal Management*, **247**, Article ID: 106910. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106910>
- [9] 黄程浩. 中欧班列回程集拼中心选址与路径优化[J]. 物流技术, 2023, 42(10): 50-53.
- [10] Zhao, L., Zhao, Y., Hu, Q., Li, H. and Stoeter, J. (2018) Evaluation of Consolidation Center Cargo Capacity and Locations for China Railway Express. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, **117**, 58-81. <https://doi.org/10.1016/j.tre.2017.09.007>
- [11] Zhao, L., Stoeter, J., Li, H., Hu, Q., Cheng, Z. and Wang, X. (2020) European Hub Location Problem for China Railway Express in the Context of the Belt and Road Initiative. *International Journal of Logistics Research and Applications*, **23**, 561-579. <https://doi.org/10.1080/13675567.2020.1777955>
- [12] 李明阳. 考虑时间价值的西部陆海新通道运输方案选择研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 成都理工大学, 2023.
- [13] Cheng, Z., Zhao, L., Wang, G., Li, H. and Hu, Q. (2021) Selection of Consolidation Center Locations for China Railway Express to Reduce Greenhouse Gas Emission. *Journal of Cleaner Production*, **305**, Article ID: 126872. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126872>
- [14] 王广翔, 赵来军. 考虑碳排放的中欧班列集拼中心选址优化[J]. 物流科技, 2019, 42(12): 43-46, 49.
- [15] 赵越. 中欧班列集拼中心集货能力评价与选址研究[D]: [硕士学位论文]. 上海: 上海交通大学, 2018.